



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000076095 A**

(43) Date of publication of application: **14.03.00**

(51) Int. Cl. **G06F 11/28**

(21) Application number: **10242670**

(22) Date of filing: 28.08.98

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(72) Inventor: **HIRAI SATOSHI**  
**YAMAMOTO MASAO**  
**KUMON KOICHI**

(54) **DEVICE AND METHOD FOR TRACING PROGRAM  
AND STORAGE MEDIUM STORING PROGRAM  
THEREFOR**

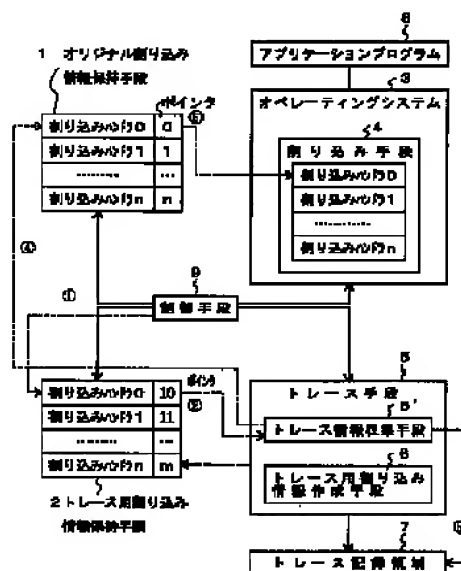
(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To trace a program without correcting an operating system or hardware concerning a device and a method for tracing program and a storage medium storing program therefor.

**SOLUTION:** This device is provided with an original interruption information holding means 1 for holding the position information of an interruption means, a trace means 5 for acquiring the trace information of a program, and an interruption information generating means for trace for generating an interruption information holding means 2 for trace for holding the position information of a trace information collecting means 5' and the interruption information holding means to be used is switched from the original interruption information holding means 1 to the interruption information holding means 2 for trace. When an interruption occurs, while referring to the internal information of a CPU and a main memory, trace information is collected by

the trace information collecting means 5' corresponding to the position information of generated interruption held in the interruption information holding means 2 for trace.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-76095  
(P2000-76095A)

(43) 公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 6 F 11/28

識別記号

3 1 0

F I

G 0 6 F 11/28

テーマコード\* (参考)

3 1 0 B 5 B 0 4 2

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平10-242670

(22) 出願日 平成10年8月28日 (1998.8.28)

(71) 出願人 000003273

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 平井 聡

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 山本 昌生

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 10009/836

弁理士 福井 國敏 (外2名)

最終頁に続く

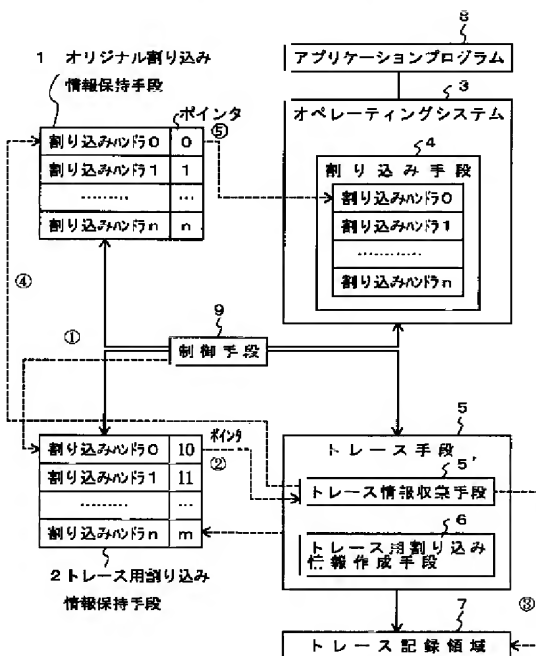
(54) 【発明の名称】 プログラムトレース装置およびプログラムトレース方法およびそのプログラムを記憶した記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 プログラムトレース装置およびプログラムトレース方法およびそのプログラムを記憶した記憶媒体に関し、オペレーティングシステムやハードウェアに手を加えることなくプログラムトレースをすることを目的とする。

【解決手段】 割り込み手段の位置情報を保持するオリジナル割り込み情報保持手段と、プログラムのトレース情報を取得するトレース手段と、トレース情報収集手段の位置情報を保持するトレース用割り込み情報保持手段を作成するトレース用割り込み情報作成手段とを備え、使用する割り込み情報保持手段をオリジナル割り込み情報保持手段からトレース用割り込み情報保持手段に切り替え、割り込みが発生した時に、トレース用割り込み情報保持手段に保持されている発生した割り込みの位置情報に対応するトレース情報収集手段により、CPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を収集する構成をもつ。

本発明の基本構成



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 割り込み手段についての情報を保持する割り込み情報保持手段を備え、割り込みが発生したとき該割り込み情報保持手段を参照して、割り込み手段の位置情報を求め、割り込み処理をするシステムにおけるプログラムトレース装置において、割り込み手段の位置情報を保持するオリジナル割り込み情報保持手段と、プログラムのトレース情報を取得するトレース手段とを備え、該トレース手段は、CPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を取得するトレース情報収集手段と、トレース情報収集手段の位置情報を保持するトレース用割り込み情報保持手段を作成するトレース用割り込み情報作成手段とを備え、トレース情報を収集する時、使用する割り込み情報保持手段をオリジナル割り込み情報保持手段からトレース用割り込み情報保持手段に切り替え、割り込みが発生した時に、トレース用割り込み情報保持手段に保持されている発生した割り込みの位置情報に対応するトレース情報収集手段により、CPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を収集することを特徴とするプログラムトレース装置。

【請求項2】 該システムは、割り込み情報保持手段の領域のアドレスを保持する割り込みテーブルレジスタを備え、オリジナル割り込み情報保持手段のアドレスをアドレスA、およびトレース用割り込み情報保持手段の作成されるアドレスをアドレスBとした時、トレース情報を収集する時に、割り込みテーブルレジスタの値をアドレスAからアドレスBに変更することを特徴とする請求項1に記載のプログラムトレース装置。

【請求項3】 オリジナル割り込み情報保持手段を退避領域に退避する手段を備え、トレース情報を収集する時は、該オリジナル割り込み情報保持手段を退避領域に退避し、オリジナル割り込み情報保持手段の退避前にあったアドレスにトレース用割り込み保持手段を作成することを特徴とする請求項1に記載のプログラムトレース装置。

【請求項4】 割り込み手段についての割り込み情報を保持し、割り込みが発生したとき該割り込み情報を参照して、割り込み手段の位置情報を求め、割り込み処理をするシステムにおけるプログラムトレース方法において、割り込み手段の位置情報を保持するオリジナル割り込み情報を保持し、トレース情報収集手段の位置情報を保持するトレース用割り込み情報を作成して保持し、トレース情報を取得する時、オリジナル割り込み情報の参照からトレース用割り込み情報の参照に切り替え、割り込みが発生した時に、トレース用割り込み情報の発生した割り込みの位置情報に対応するトレース情報収集手

段により、CPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を収集することを特徴とするプログラムトレース方法。

【請求項5】 割り込みプログラムについての情報を保持する割り込み情報を保持し、割り込みが発生したとき該保持されている割り込み情報を参照して、割り込みプログラムの位置情報を求め、割り込み処理をするシステムにおけるトレースプログラムを記憶した記憶媒体において、

プログラムのトレース情報を取得するトレースプログラムを備え、

該トレースプログラムは、CPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を取得するトレース情報収集プログラムと、トレース情報収集プログラムの位置情報を作成して保持するトレース用割り込み情報作成プログラムを含み、

トレース情報を取得する時、割り込み手段の位置情報をもつオリジナル割り込み情報の参照からトレース用割り込み情報の参照に切り替え、割り込みが発生した時に、トレース用割り込み情報の発生した割り込みの位置情報に対応するトレース情報収集プログラムにより、CPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を収集するトレースプログラムを記憶することを特徴とする記憶媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プログラムのトレース情報を収集するプログラムトレース装置およびプログラムトレース方法およびそのプログラムを記憶する記憶媒体に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来のプログラムトレースの手法は次のようなものである。

② インストラクション・セット・エミュレーション (Instruction-set Emulation)

ターゲットシステムの命令を実行可能なエミュレーションシステムを作成し、その上でオペレーティングシステムやユーザプログラムを動作させ、1命令毎の情報を収集する。

【0003】② スタティック・コード・アノテーション (Static Code Annotation)

オペレーティングシステムやユーザプログラムのコードの一部を書き替えて、データアクセスや分岐履歴等の情報を収集する。

【0004】③ シングル・ステップ・エグゼキューション (Single Step Execution)

オペレーティングシステムが提供するデバッグ機能を用いて、1命令毎にトレースルーチンを呼び出し、情報を収集する。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来のプログラムトレースをする手法には次のよう問題点があった。

① インストラクション・セット・エミュレーション (Instruction-set Emulation)

取得できる情報の制限はないが、ターゲットシステムのエミュレーションシステムの開発が必要である。特に、プロセッサアーキテクチャに関する詳細な情報が必要であり、作成に多大な工数を必要とする。

【0006】② スタティック・コード・アノテーション (Static Code Annotation)

ソースコードあるいは、オブジェクトコードを書き替えるために、特定命令にしか、トレースコードを挿入できず、1命令単位のトレースは行なえない。

【0007】③ シングル・ステップ・エグゼキューション (Single Step Execution)

オペレーティングシステムが提供する機能を利用するため、指定プロセスしかトレースできず、オペレーティングシステムの内部情報や別プロセスのトレースが行なえない。

【0008】本発明は、オペレーティングシステムやハードウェアに手を加えることなく容易にプログラムのトレース情報を取得できるプログラムトレース装置およびプログラムトレース方法およびそのプログラムを記憶する記憶媒体を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、割り込み手段についての情報を保持する割り込み情報保持手段を備え、割り込みが発生したとき該割り込み情報保持手段を参照して、割り込み手段の位置情報を求め、割り込み処理をするシステムにおけるプログラムトレース装置において、割り込み手段の位置情報を保持するオリジナル割り込み情報保持手段と、プログラムのトレース情報を取得するトレース手段とを備え、トレース手段は、CPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を取得するトレース情報収集手段と、トレース情報収集手段の位置情報を保持するトレース用割り込み情報保持手段を作成するトレース用割り込み情報作成手段とを備え、トレース情報を収集する時、使用する割り込み情報保持手段をオリジナル割り込み情報保持手段からトレース用割り込み情報保持手段に切り替え、割り込みが発生した時に、トレース用割り込み情報保持手段に保持されている発生した割り込みの位置情報に対応するトレース情報収集手段により、CPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を収集するようにした。

【0010】図1は本発明の基本構成を示す。図1において、1はオリジナル割り込み情報保持手段であって、各ポインタはそれぞれの割り込み手段のあるアドレスを指定するものである。

【0011】2はトレース用割り込み情報保持部手段であって、プログラムトレース用に作成されたものであ

る。トレース用割り込み情報保持手段2の各ポインタはトレース手段5のそれぞれの割り込みに対するトレース手段のアドレスを指している。

【0012】3はオペレーティングシステムである。4は割り込み手段であって、割り込みハンドラ0、割り込みハンドラ1、・・・割り込みハンドラnをもつものである。

【0013】5はトレース手段であって、制御手段9で発行された割り込みに対してCPUの内部情報および主記憶を参照してその割り込みに対応するトレース手段により、そのトレース情報を取得するものである。

【0014】5'はトレース情報収集手段であって、CPUの内部情報および主記憶からトレース情報を収集するものである。6は、トレース用割り込み情報作成手段であって、トレース情報収集のための割り込み情報を作成し、トレース用割り込み情報保持手段に保持するものである。

【0015】7はトレース記録領域である。8はアプリケーションプログラムである。9は制御手段である。

【0016】図1の本発明の基本構成の動作を説明する。図1において、点線は制御手段9で割り込みが発行されてからトレース情報を取得し、オペレーティングシステムにおいて割り込み手段が実行されるまでの動作の流れを示す。

【0017】通常の動作では、オペレーティングシステム3は、制御手段9で割り込みが発行されるとオリジナル割り込み情報保持手段1が参照され、該当する割り込みについてポインタが参照され、オペレーティングシステム3においてその割り込み命令を実行する割り込み手段4により割り込み処理が実行される。

【0018】トレースモードにおいて、トレース手段5のトレース用割り込み情報作成手段6は、トレース用割り込み情報保持手段2にトレース情報収集のための割り込み情報を作成する。その時、トレース用割り込み情報保持手段2の各割り込みのポインタはそれぞれのポインタに対応するトレースプログラムを指すようにする。

【0019】④ 制御手段9で割り込みが発行されると、トレース用割り込み情報保持手段2が参照される。

⑤ トレース情報収集手段5'は該当する割り込みについての情報を取得し、トレース情報とする。

【0020】⑥ トレース情報収集手段5'はトレース情報をトレース記録領域に記録する。

⑦ 次にオリジナル割り込み情報保持手段が参照され、該当する割り込み手段のあるアドレスが求められる。

【0021】⑧ オペレーティングシステム3において、該当する割り込み手段により割り込み処理が実行される。

以上の処理を、割り込み毎に繰り返し、トレース情報を取得することができる。

【0022】上記により、本発明のトレース手段によ

り、任意のハードウェアイベント、オペレーティングシステム割り込みイベント、エラーイベント等のトレース情報をオペレーティングシステム3に閏知しないで取得できる。さらに、後述するように、ハードウェア（制御手段9）とオペレーティングシステム3との間に位置することでシングルステップモード、あるいはブロックステップモードにおいてオペレーティングシステム3より先に制御を取り込むことができ、1命令毎もしくは分岐命令毎にアプリケーションプログラム8のみならずオペレーティングシステム内部もトレースできる。

【0023】既存のソフトウェアに一切手を加える必要がないので、トレースプログラム（トレース手段）のロードおよびアンロードによりトレース機能のシステムへの動的な付加、切り離しが可能である。

【0024】このように、本発明は、既存のハードウェアを一切変更することなく、またオペレーティングシステムやアプリケーションプログラムに一切手を加えることなく、任意の割り込みトレースが可能になる。また、1命令毎のトレース、分岐ブロック単位でのトレースが可能なので、システムの全挙動のトレースが可能になる。さらに、指定タスクのみのトレース、ユーザ空間もしくはカーネル空間のみのトレースを指定することにより指定された空間のみのトレースを取得することが可能になる。

【0025】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態1は、オリジナル割り込みテーブルの位置を割り込みテーブルレジスタにセットした値により定め、割り込み処理機能を備えたシステム上で動作させる。トレースプログラムは、動作時に全割り込みをフックする（横取りする）ことにより、ハードウェアとオペレーティングシステムとの間に位置して、割り込み毎にCPUの内部情報および主記憶を参照して各レジスタの情報やシステムテーブル等の情報取得を行なう。また、取得したトレース情報をメモリあるいは補助記憶装置内領域へ出力する。

【0026】割り込みハンドラの機能としては、タイマ割り込み、キーボード割り込み、ディスク割り込み等のハードウェア割り込み、OSサービス等のソフトウェア割り込み、CPUエラー等の例外割り込み処理、シングルステップトレース、ブロックトレース等のデバッグ割り込み等がある。

【0027】図2は本発明の実施の形態1を示す。本発明の実施の形態1は、トレース用割り込みテーブルを作成し、オリジナル割り込みテーブルの位置を指し示す割り込みテーブルレジスタの内容をトレース用割り込みテーブルを作成する位置に変更する。

【0028】このトレース用割り込みテーブルの作成および割り込みテーブルレジスタの変更は、プログラムのロード、アンロードをできるシステムにおいて、システムを起動後のどの時点でも動的に可能であり、何度でも

挿抜可能である。

【0029】各割り込みが発生した際に、トレースプログラムがその割り込みを取得し、その割り込みについての情報を取得し、トレース情報としてトレース領域にストアする。その後オリジナル割り込みテーブルを参照して割り込みハンドラのアドレスを求め、その割り込みハンドラに処理を移行し、指示された割り込み処理を行なう。このようにして、オペレーティングシステムにいつい閏知させないでトレース情報の収集を行なうとともにその割り込み処理を実行することができる。

【0030】図2において、11はオリジナル割り込みテーブルである（図1のオリジナル割り込み情報保持手段1に相当する）。

【0031】15はトレース用割り込みテーブルである（図1のトレース用割り込み情報保持手段2に相当する）。21はオペレーティングシステムである。

【0032】22は割り込みハンドラである（図1の割り込み手段4に相当する）。41は制御部である。41、42はCPUを構成する。

【0033】42は割り込みテーブルレジスタである。51はトレースプログラムである（図1のトレース手段5に相当する）。

【0034】511はトレース情報収集プログラムである。52は、トレース用割り込みテーブル作成手段である（図1のトレース用割り込み情報作成手段に相当する）。

【0035】61はトレース記録領域である。62はアプリケーションプログラムである。図2の構成の動作を説明する。点線は動作の流れを示す。

【0036】（1）トレースプログラム動作前（初期状態）

① 割り込みテーブルレジスタ42はオペレーティングシステムによって作成されたオリジナル割り込みテーブルのアドレスが保持されている。例では、オリジナル割り込みテーブルのアドレス80036400がセットされている。

【0037】（2）トレース用割り込みテーブル15の作成

② トレース用割り込みテーブル作成手段52は、トレース情報収集のためのトレース用割り込みテーブル15を作成する。この時、トレース用割り込みテーブル15の各割り込みハンドラへのポインタはトレース情報収集プログラム511を指すように設定する。

【0038】③ トレースを行う時は、トレースプログラム51の割り込みテーブルレジスタ書き替え手段53により、割り込みテーブルレジスタ42の値を、作成したトレース用割り込みテーブル15のアドレスに変更する。例えば、割り込みテーブルレジスタ42にF8865400をセットする。

【0039】（3）割り込みが発生した時の動作

制御部41で割り込みが発生すると、割り込みテーブルレジスタ42が参照される。

【0040】<sup>ⓐ</sup> 割り込みが発生すると、制御部41は割り込みテーブルレジスタ42を参照する。

<sup>ⓑ</sup> 割り込みテーブル（トレース用割り込みテーブル15）のあるアドレスが求められる。

【0041】<sup>ⓐ</sup> 割り込みテーブルから該当する割り込みハンドラ（トレース情報収集プログラム）が求められ、トレース情報収集プログラム511はCPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を取得する。

【0042】<sup>ⓐ</sup> トレース記録領域61に取得したトレース情報を記録する。

<sup>ⓑ</sup>、<sup>Ⓐ</sup> オリジナル割り込みテーブル11が参照され、該当する割り込みハンドラのアドレスが求められ、オペレーティングシステム21においてその割り込みハンドラにより割り込み処理が実行される。

【0043】図3は本発明の実施の形態2である。図3はトレース用割り込みテーブルを作成する別の実施の形態を示す。本実施の形態2では割り込みレジスタの値を変更しない。その代わりに、オペレーティングシステムのもつオリジナル割り込みテーブルを退避領域に退避し、オリジナル割り込みテーブルのあった領域にトレース用割り込みテーブルを作成する。このようにすることにより、割り込みテーブルレジスタをもたずにオリジナル割り込みテーブルを作成する位置が固定的にテーブル位置が設定されているか、あるいは割り込みテーブルレジスタの値をユーザが変更できない場合にも対応することができる。以下、割り込みテーブルレジスタがあるがユーザが簡単に変更することのできないシステムの場合を例として説明する。

【0044】割り込みが発生した時は、トレースプログラムは、CPUの内部情報および主記憶を参照しトレース情報を作成し、トレース領域に記録する。その後、退避領域に退避してあるオリジナル割り込みテーブルを参照し、指示された割り込みのポインタにより、割り込みハンドラのあるアドレスが求められる。そして、その割り込みハンドラに移行し、割り込み処理をする。このシーケンスを繰り返すことにより、オペレーティングシステムに閑知させないでトレース情報を収集できる。

【0045】図3において、図2と同じ参照番号は同じものを表す。11は退避領域に退避したオリジナル割り込みテーブルである。15はトレース用割り込みテーブルであって、割り込みテーブルレジスタに保持されているアドレスに、トレース情報収集のために作成されたものである。オリジナル割り込みテーブル11の各割り込みのポインタはそれぞれの割り込みハンドラのアドレスを指しているが、トレース用割り込みテーブルのポインタはトレース情報収集プログラム511の領域を指している。

【0046】54はオリジナル割り込みテーブル退避手

段であって、オリジナル割り込みテーブルを退避するものである。図3の構成において、例えば、割り込みテーブルレジスタ42は、オペレーティングシステムにより作成されたオリジナル割り込みテーブル11のアドレス80036400を保持しているとする。トレースをする時は、オリジナル割り込みテーブルは退避領域に退避される。そして、オリジナル割り込みテーブル11が退避する前にあったアドレス80036400にトレース用割り込みテーブル11を作成する。トレース用割り込みテーブル11のポインタはトレースプログラムの領域を指すようにする。

【0047】制御部41から割り込みの指示が与えられると、割り込みテーブルレジスタ42の値に従って、トレース用割り込みテーブル15が参照される。そして、トレース情報取得プログラム511により対応する割り込みの情報を取得し、トレース記録領域61に記録する。その後、退避領域のオリジナル割り込みテーブル11が参照されて指示された割り込みハンドラが実際にあるアドレスが求められ、その割り込みハンドラにより割り込みが実行される。

【0048】図4は本発明の実施の形態1と実施の形態2のフローチャートである。トレース用割り込みテーブルを作成し、オリジナル割り込みテーブルと切り替えた後のトレースのフローチャートを示すものである。

【0049】S1 割り込みが発生する。

S2 指示された割り込みについてトレース割り込みテーブルが参照される。そして、そのポインタによりトレースプログラムの領域に動作がJUMPする。

【0050】S3 その割り込みをトレースするのなら、S4でトレース処理を行ない、トレースを行なわないならS5の処理をする。

S4 トレースプログラムは、指示された割り込みのトレースを取得し、トレース記録領域にトレース情報を記録する。

【0051】S5 S3で割り込みをトレースしないか、あるいはS4で割り込みのトレースを記録し終えたら、指示された割り込みについてオリジナル割り込みテーブルを参照し、そのポインタで指示されるアドレスにある割り込みハンドラにJUMPする。そして、その割り込みハンドラにより割り込み処理が実行される。

【0052】図5は本発明の実施の形態3である。本発明の実施の形態3は、シングルスステップモード（1命令毎割り込み制御）を備えるシステムに対して、実施の形態1にさらにシングルスステップでの命令実行のトレースをとることができるようにしたものである。

【0053】プロセッサ内のシングルスステップモードフラグをオンにすることにより、1命令毎のステップ割り込みが発生する。トレースプログラムでその制御フラグをオンにすることにより、1命令毎にステップ割り込みが発生し、トレースプログラムはトレース情報を取得す

る。命令列の1連の命令に対してこれを繰り返し、一命令毎のトレース情報を取得する。

【0054】本実施の形態3により、割り込み毎にトレース情報を取得する実施の形態1に加え、1命令毎にトレース情報を取得できるので、プログラムの全挙動のトレース情報を取得することが可能になる。

【0055】図5において、図2、図3と共通の番号は同じものを表す。44はシングルスステップフラグであり、制御フラグレジスタ441に保持されている。命令実行をシングルスステップモード(1命令毎割り込み制御)で行なうか、行なわないかを表すフラグを保持するものである。

【0056】55はシングルスステップ割り込みトレースプログラムであり、1命令毎のトレース情報を取得するものである。71'は命令1、72'は命令2、73は命令nであり、シングルスステップモードでの命令列を表す。

【0057】図5の実施の形態3の動作を説明する。シングルスステップモードでは、シングルスステップモードを表すフラグがシングルスステップフラグ44がセットされる。

【0058】CPUが命令1を発行すると、シングルスステップ割り込みが発生する。トレース用割り込みテーブル15が参照され、シングルスステップ割り込みハンドラであるシングルスステップ割り込みトレースプログラム55により命令1のトレース情報が取得され、トレース記録領域61に記録される。そして、その命令1がCPU1により実行される。さらに、シングルスステップモードを継続するなら、シングルスステップ制御フラグをセットしたままとする。このようにして、命令nまでのトレース情報を取得できる。

【0059】シングルスステップでのトレースを終了する時は、シングルスステップ割り込みトレースプログラム55はシングルスステップ制御フラグをオフとする。図5の構成において、シングルスステップモードでない場合の割り込み毎のトレース情報の取得は、図2の本発明の実施の形態1、実施の形態2と同様である。

【0060】図6は本発明の実施の形態3のフローチャートである。トレース用割り込みテーブルを作成し、オリジナル割り込みテーブルと切り替えた後のフローチャートである。

【0061】S1 割り込みが発生する。  
S2 トレース用割り込みテーブルを参照してトレースプログラムへJUMPする。

【0062】S3 その割り込みのトレースを取得するかしないかを判定する。トレースを取得するならS4でトレースを行ない、そのトレースをとらないならS5の処理を行なう。

【0063】S4 トレース情報をトレース記録領域に出力する(S1の割り込みがシングルスステップ割り込み

ならシングルスステップでの命令のトレースをとる)。

S5 シングルスステップ割り込みか判定する。シングルスステップ割り込みならS6の処理を行ない、シングルスステップ割り込みでなければS8の処理を行なう。

【0064】S6 次の命令でシングルスステップを実行するかしないかをきめるために、シングルスステップフラグ制御をする。次の命令でもシングルスステップ実行するならシングルスステップフラグを立てたままにし、シングルスステップ実行をしないならシングルスステップフラグを下ろす。

【0065】S7 割り込み元へリターンし、次の割り込みを待つ。

S8 オリジナルの割り込みハンドラでシングルスステップ実行するか、あるいはシングルスステップ実行しないかを定めるためにシングルスステップフラグ制御をする。シングルスステップ実行をするならシングルスステップフラグを立てたままにし、シングルスステップ実行をしないならシングルスステップフラグを下ろす。

【0066】S9 オリジナル割り込みテーブルを参照して、割り込みハンドラへJUMPする。

図7は本発明の実施の形態4であって、ブロックトレースモード(分岐命令毎割り込み制御)を備えるシステムにおいて、分岐命令毎の割り込みのトレースをとるようにした場合の構成である。

【0067】本実施の形態4は、実施の形態1もしくは実施の形態2に加えて、ブロックトレースモードにおいて、分岐毎にトレースをとるようにしたものである。本実施の形態4によれば、分岐命令割り込みの情報を取得でき、プログラムコードと突き合わせることで、プログラム全体のトレースを容易に得ることができる。

【0068】図7において、図2、図3と共通の番号は同じものを表す。45は分岐命令割り込み制御フラグであって、分岐命令割り込み制御をするかしないかを示すために保持されるフラグである。

【0069】56は分岐命令割り込みトレースプログラムである。図7の構成の動作を説明する。分岐命令割り込み制御フラグが立てられているとする。分岐命令割り込みが発生すると、トレース用割り込みテーブル15が参照され、分岐命令制御割り込みトレースプログラム56はその分岐命令割り込みのトレース情報を収集し、トレース記録領域61に記録する。そして、その分岐命令がCPUで実行される。

【0070】なお、図7の構成において、分岐命令割り込み以外の割り込みのトレースは図1の本発明の実施の形態1、もしくは実施の形態2と同様である。図8は分岐命令割り込み制御のトレースをとるためのフローチャートである。

【0071】S1 割り込みが発生する。  
S2 トレース用割り込みテーブルを参照してトレースプログラムへJUMPする。

【0072】S3 その割り込みのトレースを取得するかしないかを判定する。トレースを取得するならS4でトレースを行ない、そのトレースをとらないならS5の処理を行なう。

【0073】S4 トレース情報をトレース記録領域に出力する（S1の割り込みが分岐命令割り込みなら分岐命令割り込みのトレースをとる）。

S5 分岐命令割り込みか判定する。分岐命令割り込みならS6の処理を行ない、分岐命令割り込みでなければS8の処理を行なう。

【0074】S6 分岐命令割り込み制御をするかしないかをきめるために、分岐命令割り込み制御フラグをセットする。分岐命令割り込み制御をするなら、分岐命令割り込み制御フラグを立てたままにし、分岐命令割り込み制御をしないなら分岐命令割り込み制御フラグを下ろす。

【0075】S7 割り込み元へリターンし、次の割り込みを待つ。

S8 オリジナルの割り込みハンドラで分岐命令割り込み制御をするかしないかをきめるために分岐命令割り込み制御フラグをセットする。分岐命令割り込み制御をするなら分岐命令割り込み制御フラグを立て、分岐命令割り込み制御をしないならフラグを下ろす。

【0076】S9 オリジナル割り込みテーブルを参照して、割り込みハンドラへJUMPする。図9は本発明の実施の形態5を示す。

【0077】本実施の形態5はマルチタスク機能をもち、タスク毎にシングルステップ割り込み制御を行なうことができるシステムを対象とする。このようなシステムではタスク毎に保存されているシングルステップ制御フラグをセットするかしないかに応じて（制御フラグをイネーブルもしくはディセーブルにする）任意のタスクで割り込みを発生させたり、発生させないことができる。

【0078】本実施の形態5は、任意のタスクでシングルステップ割り込みによりトレース情報を収集するようにしたものである。タスク毎にシングルステップ制御を行なうか行なわないかを示すフラグをセットする。そして、タスク切り替えによりタスクが切り替わった際にそのフラグを反映され、シングルステップ制御でトレースをとるか等が決定される。

【0079】このようにして、指定したタスクのみシングルステップによりトレース情報を収集することができる。

【0080】図9において、他の図と同じ参照番号はそれぞれに同じものである。25はタスク管理テーブルである。441は制御フラグレジスタで制御フラグを保持するレジスタである。

【0081】57はタスクトレースプログラムである。

図9の構成において、例えば、タスクA、タスクBはタスク管理テーブル25のシングルステップ制御フラグがオンであるので、タスクA、タスクBに実行が切り替わった際にシングルステップ割り込みが発生する。そこでトレース用割り込みテーブル15が参照され、シングルステップ割り込みトレースプログラム55およびタスクトレースプログラム57はタスクA、タスクBの割り込み情報（タスクA、タスクBが処理されたことを表す情報）を取得できる。

【0082】その他の割り込みについてのトレース情報の取得方法は、発明の実施の形態1、2もしくは実施の形態3の場合と同様である。図10は本発明の実施の形態5のフローチャートである。

【0083】S1 割り込みが発生する。

S2 トレース用割り込みテーブルを参照し、トレースプログラムへJUMPする。

【0084】S3 その割り込みのトレース情報を取得するか判定する。トレース情報を取得する必要があるならS4の処理を行ない、トレース情報を取得する必要があるならS5の処理をする。

【0085】S4 トレース領域へトレース情報を出力する。

S5 トレース情報を取得する必要があるか、もしくはS5のトレース情報をトレース記録領域へ出力したら、シングルステップ割り込みか判定する。シングルステップ割り込みであればS6の処理を行ない、シングルステップ割り込みでなければ、S8の処理を行なう。

【0086】S6 次のステップでもシングルステップ割り込みをするか判定する。シングルステップ割り込みフラグ制御をする。即ち、次のステップでもシングルステップ割り込みをするならシングルステップフラグを立てたままにし、シングルステップ割り込みをしないならシングルステップフラグを下ろす。

【0087】S7 割り込み元へリターンし、次の割り込みを待つ。

S8 S5でシングルステップ割り込みでないなら、オリジナルな割り込みハンドラのためのシングルステップフラグ制御をする。オリジナル割り込みハンドラの処理において、シングルステップ制御をするなら、シングルステップフラグを立て、シングルステップ制御をしないなら、シングルステップフラグを立てない。

【0088】S9 オリジナル割り込みテーブルを参照して、割り込みハンドラへJUMPする。図11は本発明の実施の形態6である。

【0089】図11は、マルチタスク機能をもちタスク毎の制御や、シングルステップ割り込み制御をフラグ管理によりユーザが簡単には行なう事のできないシステムにおいて、所定のタスク毎にトレース情報の収集をできるようにしたものである。

【0090】タスク切り替えは、特定の命令ないしは特



定の割り込みにおいて行なわれる。このタスクの切り替えを認識し、タスク番号をチェックし、必要なタスクのみのトレース情報をとる。

【0091】また、特定命令に対して、シングルステップ割り込みを発生させるように設定することにより、タスク切り替えを認識し、必要なタスクのみ1命令毎のステップ割り込みによるトレース情報の取得ができる。

【0092】このようにして、指定したタスクのみ、シングルステップ制御におけるトレース情報を収集でき、その他のタスクはリアルタイムで通常の処理を行なうことができる。

【0093】図11において、他の図と共通の参照番号は共通部分を表す。25はタスク管理テーブルであって、タスクとタスク番号をもつものである。58はタスク切り替え判定部であって、オペレーティングシステム21におけるタスクの切り替えを判定するものである。

【0094】59はタスク番号判定部であって、切り替えられたタスクの番号を判定するものである。592はタスク番号保持部であって、トレースをとるタスクのタスク番号を保持するものである。

【0095】図11の本発明の実施の形態6の動作を説明する。図11において、オペレーティングシステム21はタスク管理テーブル25に記録されているタスクを処理するように制御する。

【0096】トレースプログラム51において、タスク切り替え判定部58はオペレーティングシステム21の制御におけるタスクの切り替わりと切り替えられたタスク番号を判定する。タスク番号判定部59はタスク番号保持部592を参照し、切り替えられたタスクのトレース情報を取得する必要があるかないかを判定する。そして、トレース情報を取得する必要があると判定すればトレース情報を取得してトレース記録領域に出力する。また、その際、シングルステップでのトレースが必要であれば、制御フラグレジスタ441にシングルステップ制御フラグをセットし、シングルステップ制御トレースプログラムによりシングルステップ割り込みによるトレースをとる、トレース記録領域に記録する。

【0097】図12は、本発明の実施の形態6のフローチャートである。

S1 割り込みが発生する。

S2 トレース用割り込みテーブルを参照し、トレースプログラムへJUMPする。

【0098】S3 タスクの切り替わりを認識し、タスク番号を判定する。タスク番号判定部に記録されている番号に一致すればS4の処理を行ない、一致していなければS11の処理を行なう。

【0099】S4 その割り込みのトレース情報を取得するか判定し、取得するのであればS5の処理を行ない、取得しないのであればS6の処理を行なう。

S5 トレース領域へトレース情報を出力する。

【0100】S6 シングルステップ割り込みか判定する。シングルステップ割り込みであれば、S7の処理を行ない、シングルステップ割り込みでなければ、S9の処理を行なう。

【0101】S7 次のステップでもシングルステップ割り込みをするかを判定し、シングルステップ割り込みフラグ制御をする。即ち、次のステップでもシングルステップ割り込みをするならシングルステップフラグを立てたままにし、シングルステップ割り込みをしないならシングルステップフラグを下ろす。

【0102】S8 割り込み元へリターンし、次の割り込みを待つ。

S9 オリジナル割り込みハンドラのためのシングルステップフラグ制御をする。シングルステップフラグ制御をする。オリジナル割り込みハンドラの処理において、シングルステップ制御をするなら、シングルステップフラグを立て、シングルステップ制御をしないなら、シングルステップフラグを立てない。

【0103】S10 オリジナル割り込みテーブルを参照して、割り込みハンドラへJUMPする。

S11 S3で番号が合致しなければ、シングルス割り込み制御であるかを判定する。シングルス制御であれば、S12の処理を行ない、シングルス制御でなければS13の処理を行なう。

【0104】S12 シングルスフラグを強制的にオフにする。

S13 割り込み元へリターンする。

S14 オリジナル割り込みテーブルを参照して、割り込みハンドラへJUMPする。

【0105】図13は本発明の実施の形態7である。本実施の形態7は、オペレーティングシステムが動作するカーネル空間（ユーザにより内容が書き替えられないように保護されている領域）とユーザ空間（ユーザが利用できる領域）が分離されているシステムであり、割り込みによりユーザ空間からカーネル空間に移行できるシステムに関するものである。

【0106】アプリケーションプログラムから割り込みによりオペレーティングシステムに移行する。例えば、ユーザ空間を走行中にハードウェア割り込みやオペレーティングシステムへのシステムコール（ソフトウェア割り込み）が発生すると、ただちにカーネル空間に移行する。この動作を利用して、ユーザ空間のみの、もしくはカーネル空間のみのトレース情報を取得することができる。本実施の形態7はユーザ空間のみのトレース情報を取得するようにしたものである。

【0107】ユーザ空間では、割り込みもしくはシングルスモードによりトレース情報を取得するが、カーネル空間に移行してユーザ空間に戻るまでの間は割り込みによるトレース情報の収集もしくはシングルスモードによる割り込みを抑制することにより、アプリ

ケーションプログラムのみトレース情報を収集するが、オペレーティングシステム内は通常モードで動作させることができる。

【0108】図13は本発明の実施の形態7である。図13において、他の図と共通の参照番号は共通部分を表す。71はユーザ空間トレースプログラムであって、ユーザ空間からカーネル空間への移行、カーネル空間からユーザ空間への戻りを判定するものである。

【0109】図13において、OS移行割り込み判定プログラムが、ユーザ空間からカーネル空間への移行、カーネル空間からユーザ空間への戻りを判定する。そして、カーネル空間での処理は通常の方法で行ない、ユーザ空間では割り込みに基づいてトレース情報を取得する。このトレースの方法は、図1の本発明の実施の形態1もしくは2の場合と同様である。また、シングルスステップモードをセットして、シングルスステップ割り込みにより1命令毎にトレース情報をとることもでき、その場合の動作は本発明の実施の形態3の動作と同様である。

【0110】上記のようにトレース制御を行なうことにより、ユーザ空間でのみトレース情報を取得し、カーネル空間でのトレース情報の取得は抑制される。図14は、本発明の実施の形態7のフローチャートである。

【0111】S1 割り込みが発生する。  
S2 トレース用割り込みテーブルを参照し、トレースプログラムへJUMPする。

【0112】S3 割り込み元がユーザ空間であるかなかを判定する。ユーザ空間であればトレースをとる対象なのでS4の処理をする。ユーザ空間でなくオペレーティングシステムの空間（カーネル空間）での割り込みであればトレースをとらないので、S11の処理をする。

【0113】S4 その割り込みのトレース情報を取得するか判定する。トレース情報を取得する必要があるならS5の処理を行ない、トレース情報を取得する必要があるならS6の処理をする。

【0114】S5 トレース領域へトレース情報を出力する。

S6 トレース情報を取得する必要があるか、もしくはS6のトレース情報をトレース記録領域へ出力したら、シングルスステップ制御フラグを判定し、シングルスステップ割り込みモードであるか判定する。シングルスステップ割り込みであればS7の処理を行ない、シングルスステップ割り込みでなければ、S9の処理を行なう。

S7 次のステップでもシングルスステップ割り込みをするかを判定し、シングルスステップ割り込みフラグ制御をする。即ち、次のステップでもシングルスステップ割り込みをするならシングルスステップフラグを立てたままにし、シングルスステップ割り込みをしないならシングルスステップフラグを下ろす。

【0115】S8 割り込み元へリターンし、次の割り

込みを待つ。

S9 S6でシングルスステップ割り込みでないと判定されたら、オリジナル割り込みハンドラのためのシングルスステップフラグ制御をする。オリジナル割り込みハンドラの処理において、シングルスステップ制御をするなら、シングルスステップフラグを立て、シングルスステップ制御をしないなら、シングルスステップフラグを立てない。

【0116】S10 オリジナル割り込みテーブルを参照して、割り込みハンドラへJUMPする。

S11 S3で割り込み元がユーザ空間でないのでトレースをとらない。そこで、シングルスステップ割り込みか判定する。シングルスステップ割り込みであれば、S12の処理を行ない、シングルスステップ割り込みでなければ、S14の処理を行なう。

【0117】S12 シングルスステップ制御としないために、シングルスステップフラグを強制的にオフにする。

S13 割り込み元へリターンする。

【0118】S14 オリジナル割り込みテーブルを参照し、割り込みハンドラへJUMPし、割り込みハンドラで割り込み処理をする。

図15は本発明の実施の形態8である。

【0119】本発明の実施の形態8は、カーネル空間での割り込みのみをトレースし、ユーザ空間での割り込みのトレースは行なわないようにしたものである。この点以外は本発明の実施の形態7と同様である。

【0120】図15において他の図面と同じ参照番号は同じものを表す。72はカーネル空間トレースプログラムであって、カーネル空間への移行、ユーザ空間への戻りを判定するものである。

【0121】図16は、本発明の実施の形態8のフローチャートである。S3で、割り込み元がカーネル空間であるかなかを判定する以外は、図14のフローチャートと同様である。

【0122】図17は本発明のシステム構成の実施の形態である。図17において、81はコンピュータである。

【0123】82はCPUである。83は主記憶である。84は入出力インタフェースである。

【0124】85は内部補助記憶装置であって、内部磁気ディスク装置等である。86は内部補助記憶装置にロードされたオペレーションプログラムである。87は内部補助記憶装置にロードされたアプリケーションプログラムである。

【0125】88は内部補助記憶装置にロードされた本発明のトレースプログラムである。91は、ドライブ装置であって、記憶媒体92のプログラムをコンピュータにロードする装置である。

【0126】92は記憶媒体であって、磁気ディスク装置、CDROM等の本発明のトレースプログラムを格納する記憶媒体である。93は外部補助記憶装置である。

【0127】図17の構成において、本発明を実施する時は、記憶媒体に格納されている本発明のトレースプログラムをコンピュータに81にロードし、トレースを収集するアプリケーションプログラムもしくはオペレーティングシステムのトレースをとる。

【0128】図18は本発明の記憶媒体の実施の形態である。記憶媒体に本発明のトレースプログラムを格納する。記憶媒体は磁気ディスク装置等の磁気記憶媒体、あるいはCDROM等の光記憶媒体、もしくはその他、プログラムを記憶できる記憶媒体を使用することができる。

【0129】

【発明の効果】本発明によれば、ハードウェアやオペレーティングシステム、もしくはアプリケーションプログラムに手を加えることなくトレース情報を容易に取得することができる。また、シングルステップモードにより1命令毎のトレースも可能なので、システムの全挙動のトレースが可能である。

【0130】また、トレース対象とするタスクもしくは空間（ユーザ空間、カーネル空間）を絞ったトレースも行なうことが可能である。トレースプログラムを動的にロードもしくはアンロードできるので、任意のシステムにおいて任意の時にトレースの収集を行なうことができる。従って、本発明によれば、ユーザのいかなる環境でもシステムを停止、変更することなく任意のトレース情報を収集できる。

【0131】以上の説明に更に以下の項を開示する。

（1）割り込み手段についての情報を保持する割り込み情報保持手段を備え、割り込みが発生したとき該割り込み情報保持手段を参照して、割り込み手段の位置情報を求め、割り込み処理をするシステムにおけるプログラムトレース装置において、割り込み手段の位置情報を保持するオリジナル割り込み情報保持手段と、プログラムのトレース情報を取得するトレース手段とを備え、該トレース手段は、CPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を取得するトレース情報収集手段と、トレース情報収集手段の位置情報を保持するトレース用割り込み情報保持手段を作成するトレース用割り込み情報作成手段とを備え、トレース情報を収集する時、使用する割り込み情報保持手段をオリジナル割り込み情報保持手段からトレース用割り込み情報保持手段に切り替え、割り込みが発生した時に、トレース用割り込み情報保持手段に保持されている発生した割り込みの位置情報に対応するトレース情報収集手段により、CPUの内部情報および主記憶を参照してトレース情報を収集することを特徴とするプログラムトレース装置。

【0132】（2）該システムは、1命令毎に割り込み制御が可能なシステムであり、1命令毎にトラップ割り込みを発生させることにより1命令毎の情報をトレースすることを特徴とする（1）項に記載のプログラムトレ

ース装置。

【0133】（3）該システムは、分岐割り込み毎に制御が可能なシステムであり、分岐毎にトラップ割り込みを発生させることにより分岐ブロック毎の情報をトレースすることを特徴とする（1）項もしくは（2）項に記載のプログラムトレース装置。

【0134】（4）該システムは、タスク毎に割り込み制御情報を保持し、タスク単位で1命令毎あるいは分岐命令毎の割り込み制御を行うことのできるマルチタスク機能を備えるものであり、タスク毎に割り込み制御を設定することにより所定のタスクのみトレース情報を取得することを特徴とする（1）項もしくは（2）項もしくは（3）項に記載のプログラムトレース装置。

【0135】（5）該システムは、タスク毎に一意の番号を保持するマルチタスク機能を備えるものであり、タスクが切り替えられた時に該トレース手段は切り替えられたタスク番号を認識し、トレースを行なうタスクであればトレース情報を取得することにより所定のタスクのみトレース情報を取得することを特徴とする（1）項もしくは（2）項もしくは（3）項に記載のプログラムトレース装置。

【0136】（6）該システムは、オペレーションシステムが動作するカーネル空間とアプリケーションプログラムが動作するユーザ空間が分離され、ユーザ空間からカーネル空間への呼出しに割り込み命令を使用するものであり、該ユーザ空間からカーネル空間への移行とユーザ空間への戻りを認識し、ユーザ空間もしくはカーネル空間に対してのみトレースすることを特徴とする（1）項もしくは（2）項もしくは（3）項に記載のプログラムトレース装置。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本構成を示す図である。

【図2】本発明の実施の形態1を示す図である。

【図3】本発明の実施の形態2を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態1、実施の形態2のフローチャートを示す図である。

【図5】本発明の実施の形態3を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態3のフローチャートを示す図である。

【図7】本発明の実施の形態4を示す図である。

【図8】本発明の実施の形態4のフローチャートを示す図である。

【図9】本発明の実施の形態5を示す図である。

【図10】本発明の実施の形態5のフローチャートを示す図である。

【図11】本発明の実施の形態6を示す図である。

【図12】本発明の実施の形態6のフローチャートを示す図である。

【図13】本発明の実施の形態7を示す図である。

【図14】本発明の実施の形態7のフローチャートを示す図である。

す図である。

【図15】本発明の実施の形態8を示す図である。

【図16】本発明の実施の形態8のフローチャートを示す図である。

【図17】本発明のシステム構成の実施の形態を示す図である。

【図18】本発明の記憶媒体の実施の形態を示す図である。

【符号の説明】

1：オリジナル割り込み情報保持手段

2：トレース用割り込み情報保持手段

3：オペレーティングシステム

4：割り込み手段

5：トレース手段

6：トレース用割り込み情報作成手段

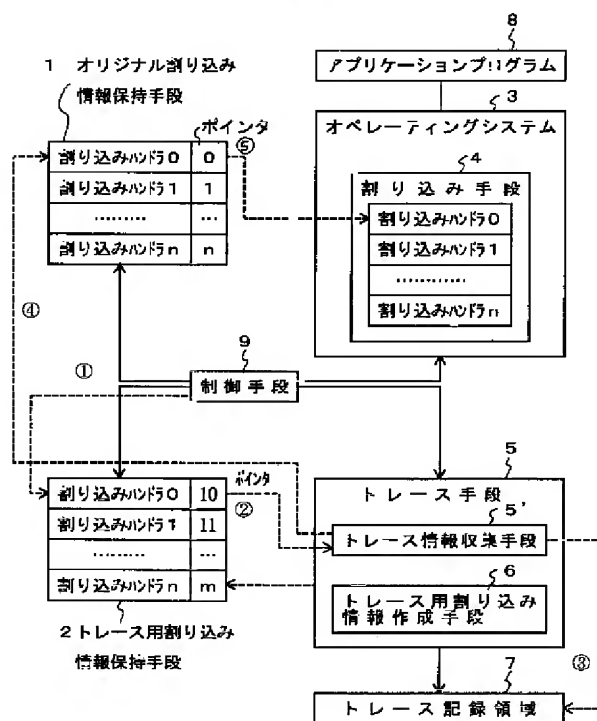
7：トレース記録領域

8：アプリケーションプログラム

9：制御手段

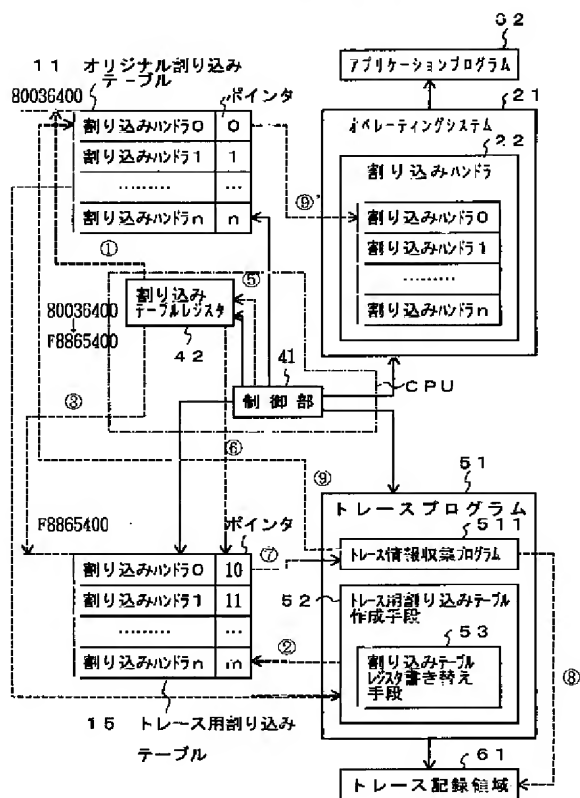
【図1】

本発明の基本構成



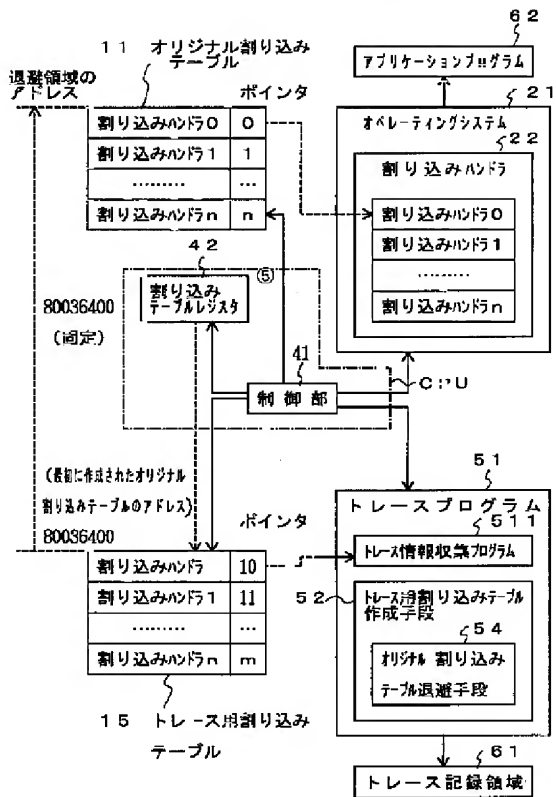
【図2】

本発明の実施の形態1



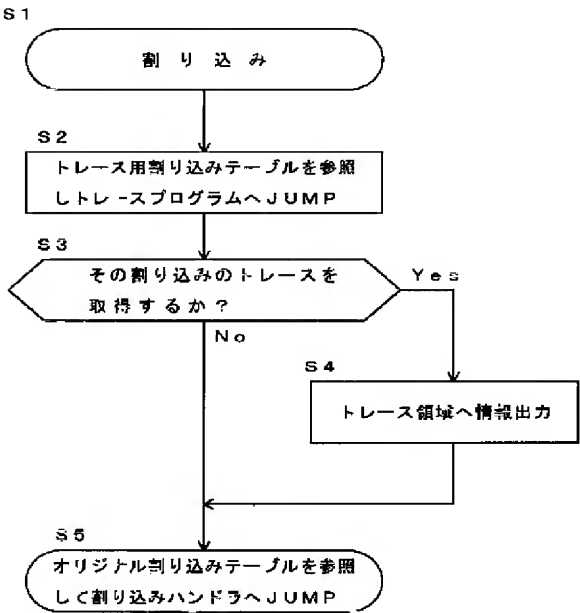
【図3】

本発明の実施の形態2



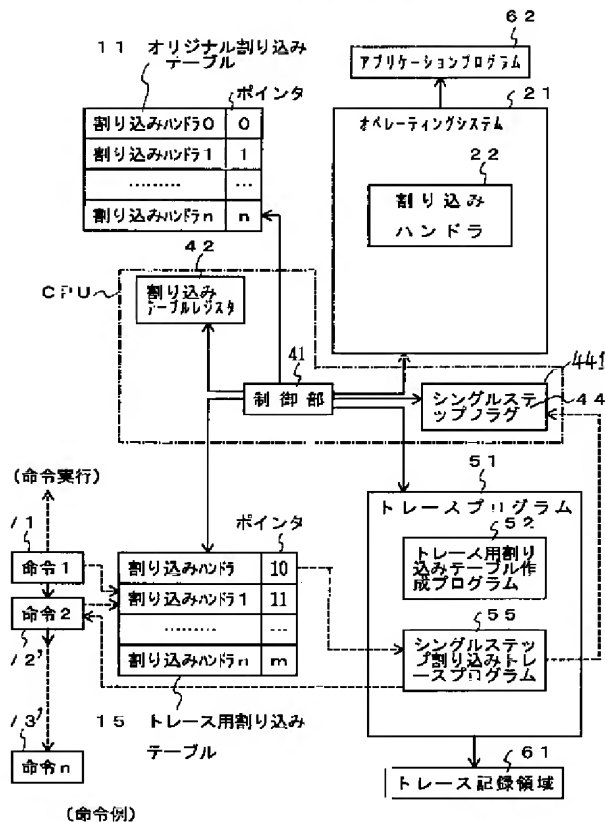
【図4】

実施の形態1、実施の形態2のフローチャート



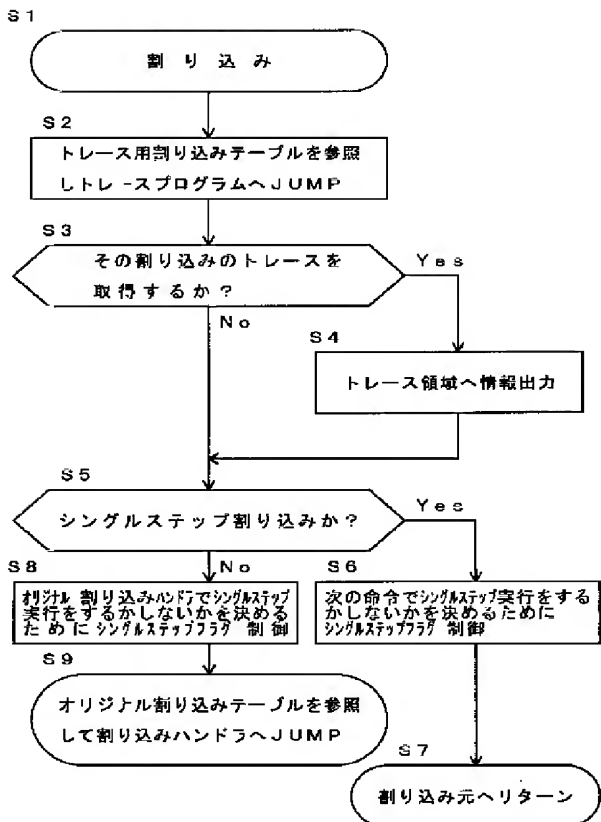
【図5】

本発明の実施の形態3



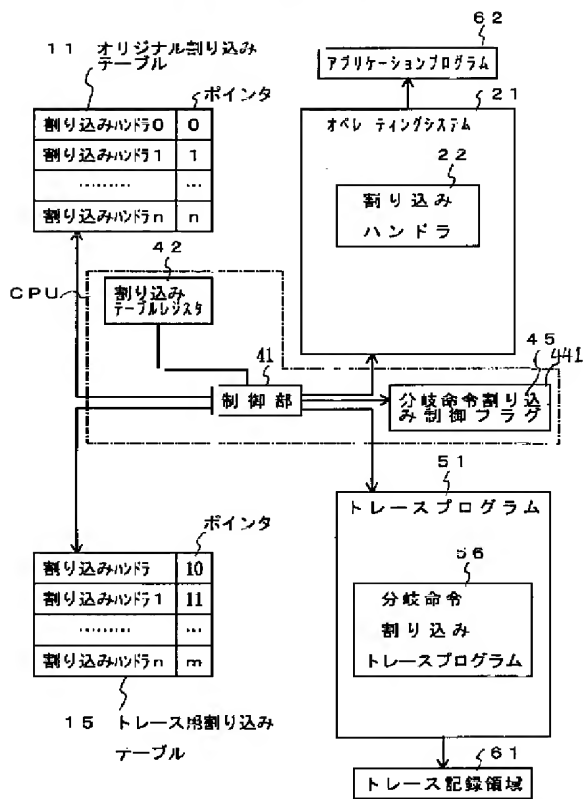
【図6】

実施の形態3のフローチャート



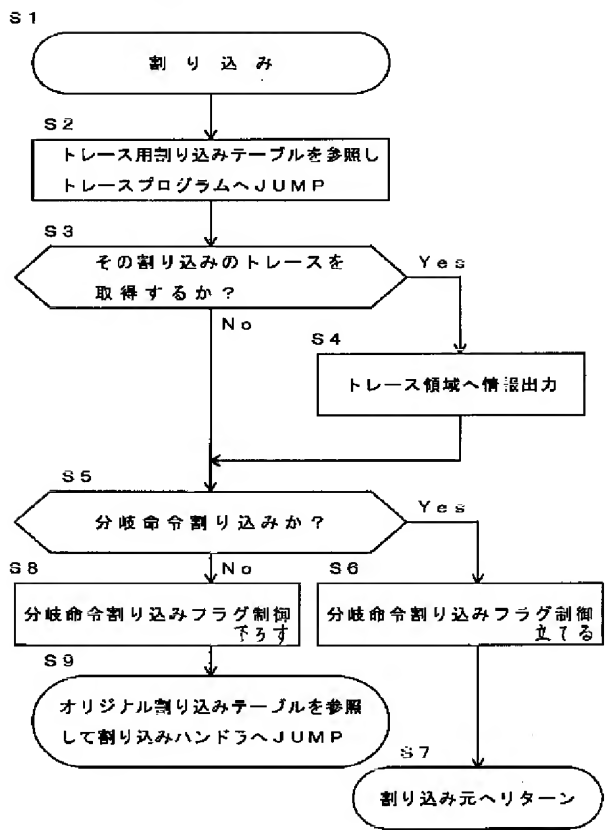
【図7】

本発明の実施の形態4

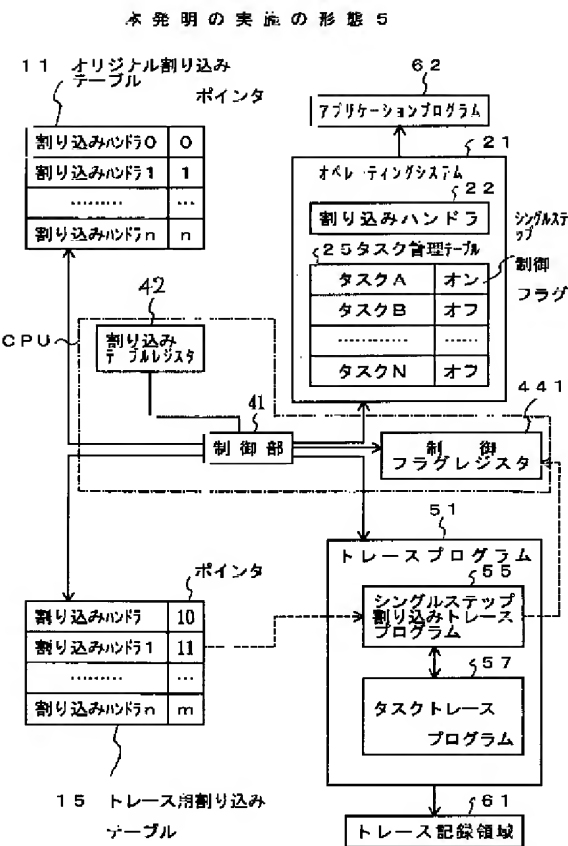


【図8】

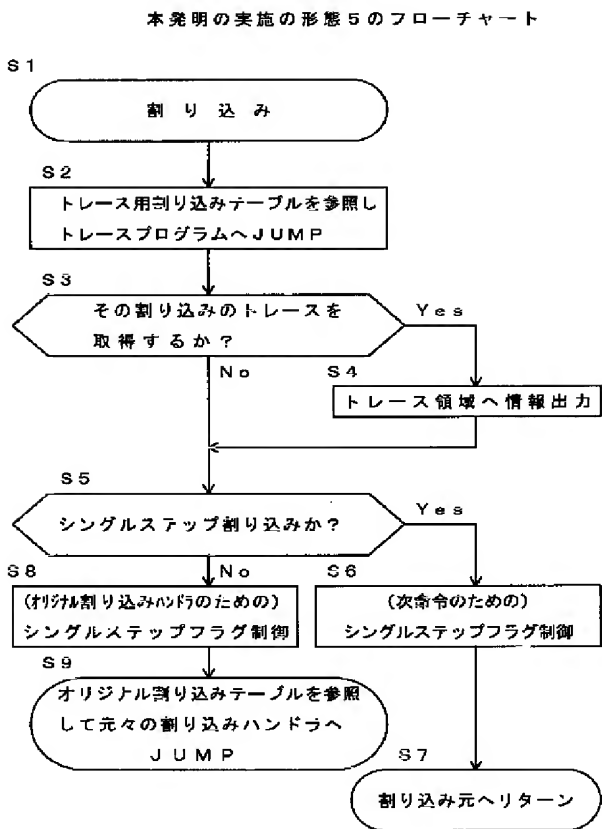
実施の形態4のフローチャート



【図9】



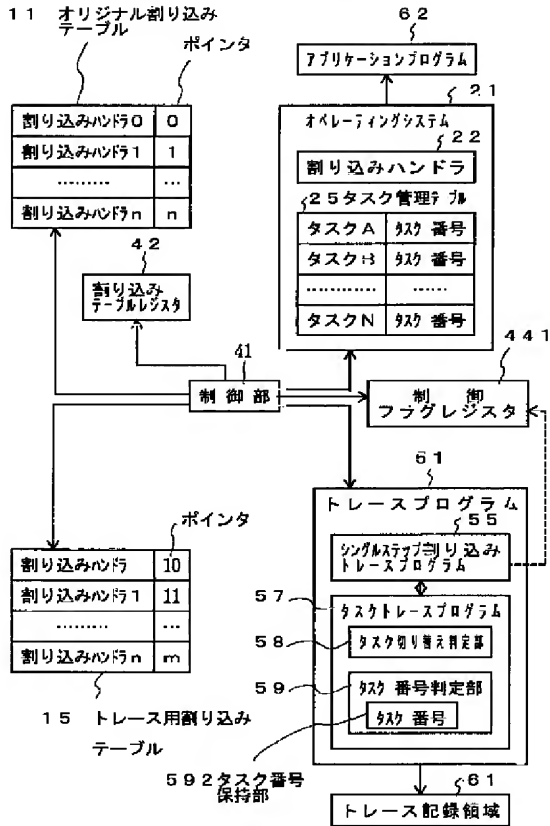
【図10】





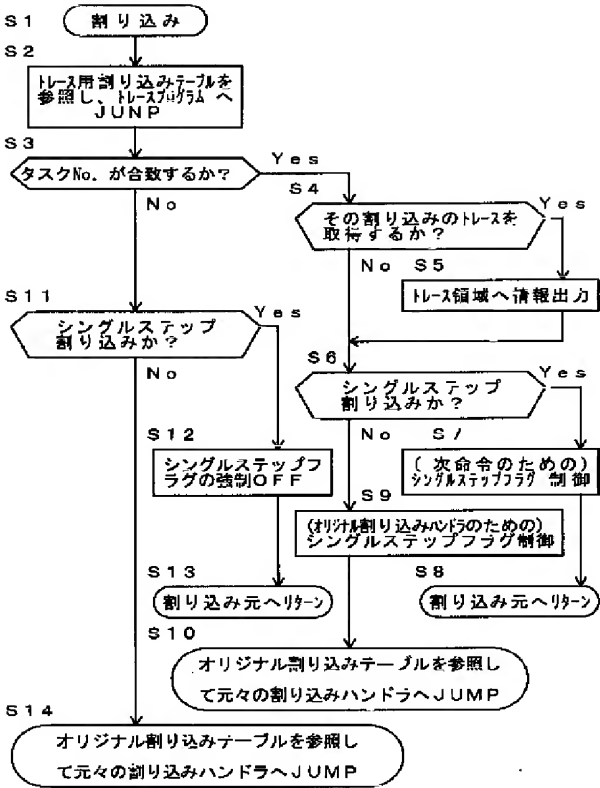
【図11】

本発明の実施の形態6



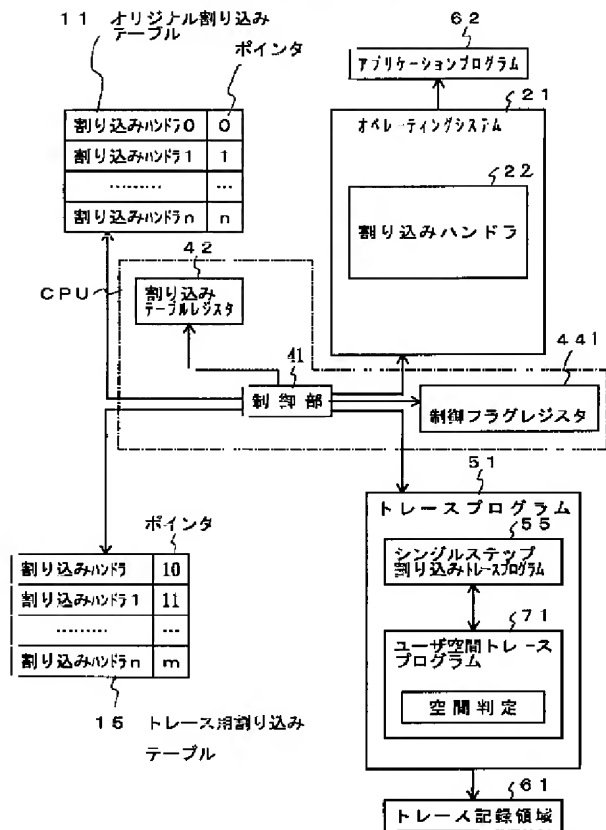
【図12】

本発明の実施の形態6



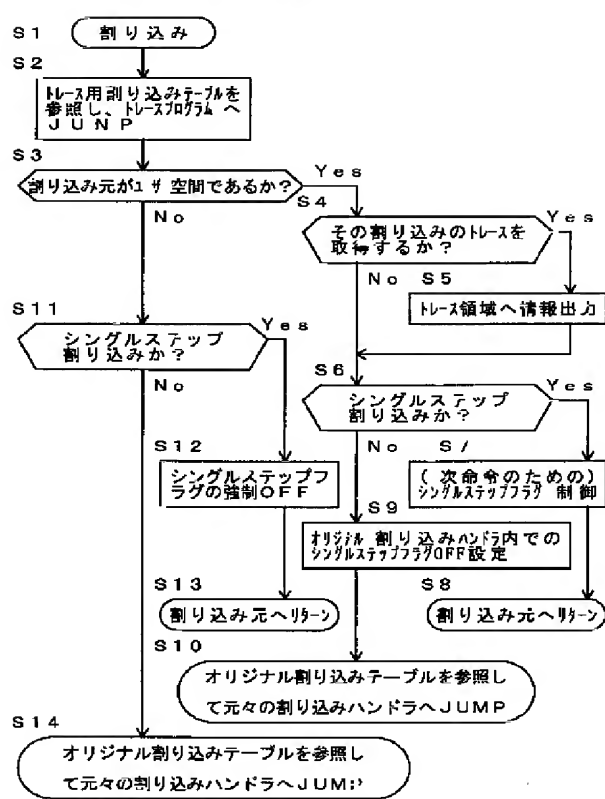
【図13】

本発明の実施の形態7



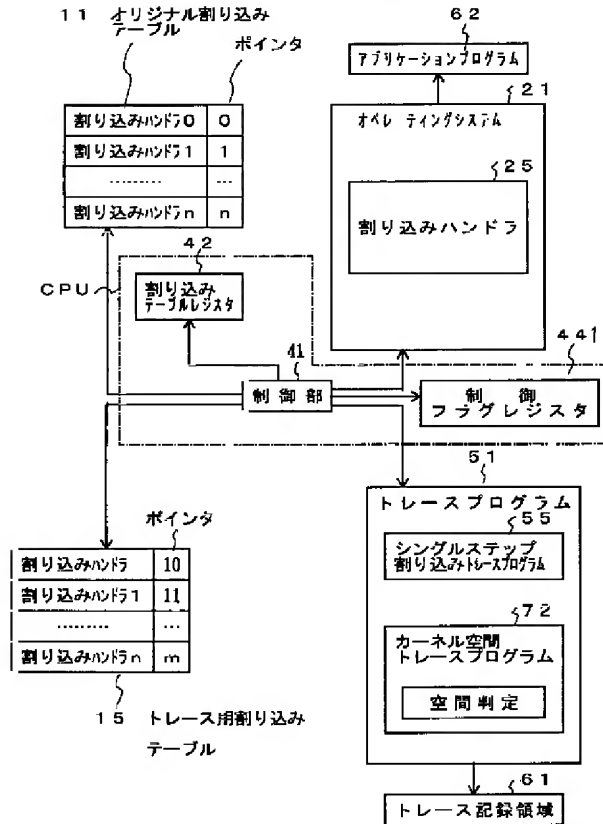
【図14】

本発明の実施の形態7のフローチャート



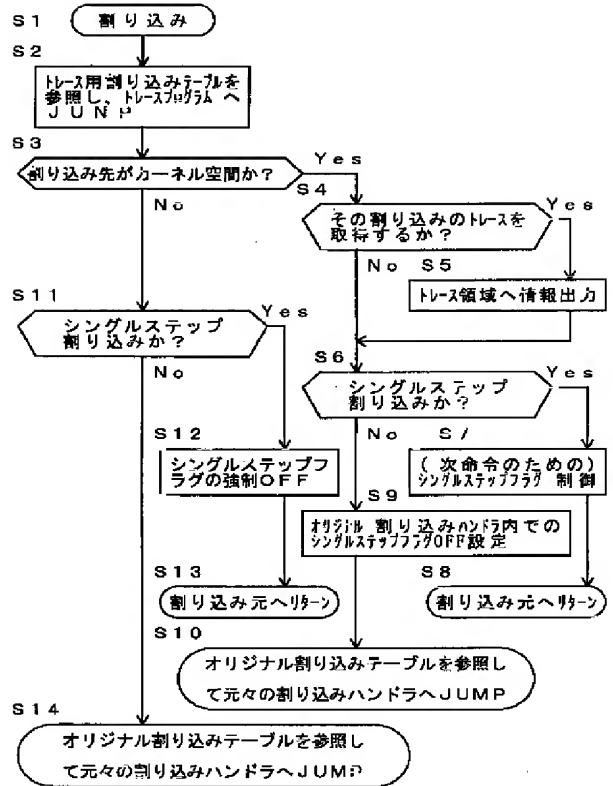
【図15】

本発明の実施の形態8



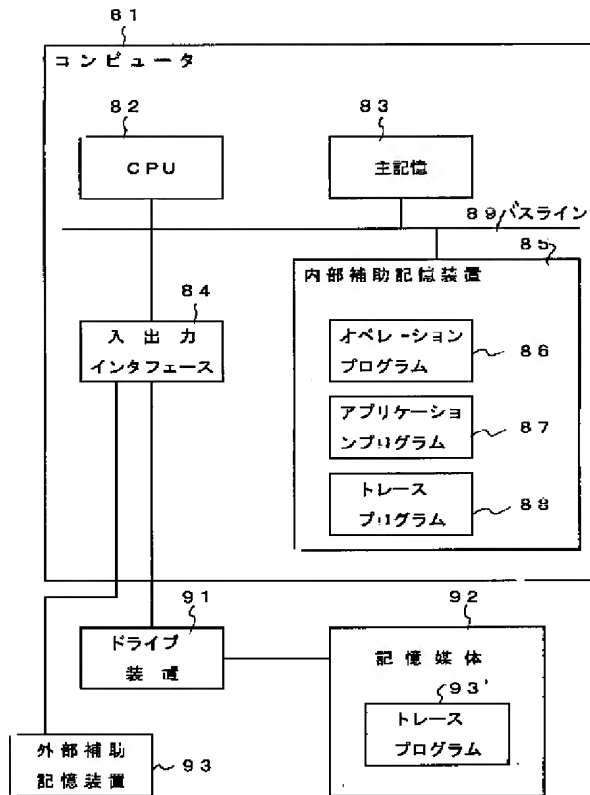
【図16】

本発明の実施の形態8のフローチャート



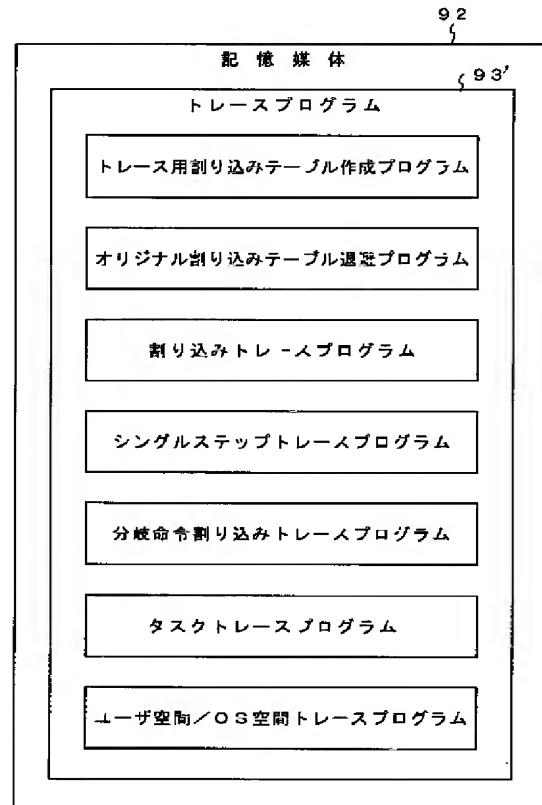
【図17】

本発明のシステム構成の実施の形態



【図18】

本発明の記憶媒体の実施の形態



フロントページの続き

(72)発明者 久門 耕一  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 5B042 AA03 BB23 BB25 CC11 DD06  
EA03 EA18 FD01 FD07